

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
27. Mai 2004 (27.05.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/044659 A2(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G03H 1/00**

(72) Erfinder; und

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/003791

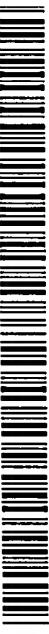
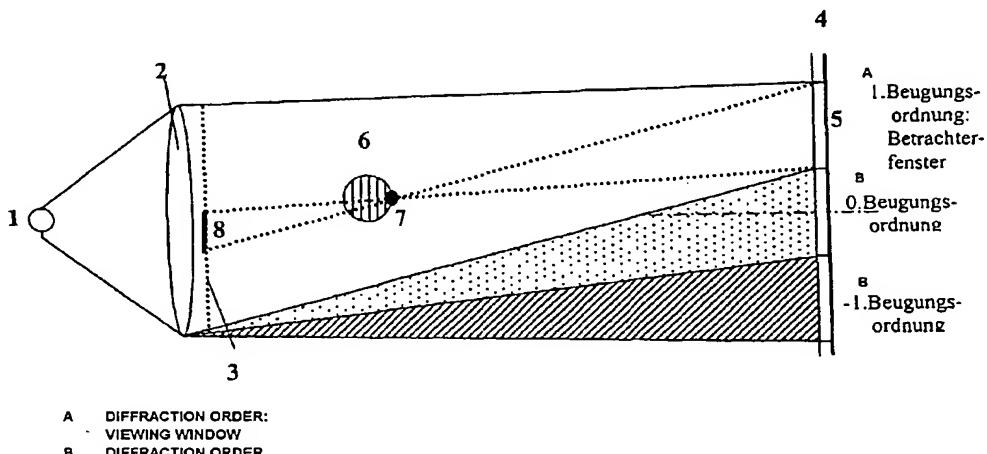
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHWERDTNER,
Armin [DE/DE]; Rathener Strasse 7, 01259 Dresden (DE).(22) Internationales Anmeldedatum:
11. November 2003 (11.11.2003)(81) Bestimmungsstaaten (national): BR, CN, IL, IN, JP, KR,
MX, NO, PH, RU, SE, SG, TR, US, ZA.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).(30) Angaben zur Priorität:
102 53 292.3 13. November 2002 (13.11.2002) DEErklärung gemäß Regel 4.17:
— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): SEEREAL TECHNOLOGIES GMBH [DE/DE];
Blasewitzer Strasse 43, 01307 Dresden (DE).Veröffentlicht:
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts*[Fortsetzung auf der nächsten Seite]*

(54) Titel: VIDEO HOLOGRAM AND DEVICE FOR RECONSTRUCTING VIDEO HOLOGRAMS

(54) Bezeichnung: VIDEOHOLOGRAMM UND EINRICHTUNG ZUR REKONSTRUKTION VON VIDEOHOLOGRAMMEN

**WO 2004/044659 A2**

A DIFFRACTION ORDER:
VIEWING WINDOW
B DIFFRACTION ORDER

(57) Abstract: The invention relates to video holograms and devices for reconstructing video holograms, comprising an optical system that consists of a light source, lens and the video hologram that is composed of cells arranged in a matrix or a regular pattern with at least one opening per cell, the phase or amplitude of said opening being controllable. The video holograms and devices for reconstructing the same are characterised in that holographic video representations of expanded spatial objects can be achieved in a wide viewing area in real time using controllable displays, whereby the objects are either computer-generated or created by different means. The space-bandwidth product (SBP) of the hologram is thus reduced to a minimum and the periodicity interval of the Fourier spectrum is used as a viewing window on the inverse transformation plane, through which the object is visible in the preceding space. The mobility of the viewer(s) is achieved by tracking the viewing window. The invention can be advantageously used in the television, multimedia, games and construction fields, in military and medical technology, in addition to other economic and social areas.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft Videohologramme und Einrichtungen zur Rekonstruktion von Videohologrammen mit einem optischen System, bestehend aus Lichtquelle, Linse und dem Videohologramm aus matrixförmig oder regulär angeordneten Zellen mit mindestens einer in Amplitude und/oder Phase steuerbaren Öffnung je Zelle. Die Videohologramme und Einrichtungen zur Rekonstruktion derselben zeichnen sich dadurch aus, daß holografische Videodarstellungen ausgedehnter räumlicher Objekte in einem weiten Betrachterbereich mittels steuerbarer Displays in Echtzeit realisierbar sind, wobei die Objekte entweder computergeneriert oder auf andere Weise erzeugt werden. Das Space-Bandwidth-Produkt (SBP) des Hologramms wird dabei auf ein Minimum reduziert, indem das Periodizitätsintervall des Fourierspektrums in der Rücktransformationsebene als Betrachterfenster genutzt wird, durch welches das Objekt im davorliegenden Raum sichtbar wird. Die Beweglichkeit des/der Betrachter wird durch Nachführen des Betrachterfensters erreicht. Vorteilhafte Anwendungen bieten sich im Fernseh-, Multimedia-, Spiele- und Konstruktionsbereich, in der Militär- und Medizintechnik sowie in anderen Bereichen von Wirtschaft und Gesellschaft.

JC05 Rec'd PCT/PTO 12 MAY 2005

Videohologramm und Einrichtung zur Rekonstruktion von Videohologrammen

Die Erfindung betrifft ein Videohologramm und eine Einrichtung zur Rekonstruktion von Videohologrammen mit einem optischen System, bestehend wenigstens aus einer

5 Lichtquelle, einer Linse und dem Videohologramm aus matrixförmig oder in anderer Weise regulär angeordneten Zellen mit mindestens einer in Amplitude und/oder Phase steuerbaren Öffnung je Zelle sowie einer Betrachterebene am Ort des Lichtquellenbildes.

Es sind Einrichtungen zur Rekonstruktion von Videohologrammen mit akustooptischen

10 Modulatoren (AOM) bekannt (Stephen A. Benton, Joel S. Kollin: Three dimensional display system, US 5,172,251). Diese akustooptischen Modulatoren wandeln elektrische Signale in optische Wellenfronten um, die dann durch Ablenkspiegel zu zweidimensionalen holografischen Flächen innerhalb eines Videoframes zusammengesetzt werden. Die Wellenfronten werden über weitere optische Elemente als eine für den Betrachter sichtbare 15 Szene rekonstruiert. Die verwendeten optischen Mittel, wie Linsen und Ablenkelemente, haben die Ausdehnung der rekonstruierten Szenen und sind mit ihrer großen Bautiefe voluminös und schwer. Sie lassen sich kaum miniaturisieren und sind daher in ihrem Anwendungsbereich beschränkt.

20 Eine andere Möglichkeit, grosse Videohologramme zu erzeugen, bietet das sogenannte Tiling-Verfahren mit Computer Generierten Hologrammen (CGH). Nach diesem aus WO 00/75698 A1 und US 6,437,919 B1 bekannten Verfahren werden kleine CGHs mit kleinem Pitch über eine Abbildungsoptik zusammengesetzt. Dafür werden in einem ersten Schritt schnelle Matrizen mit kleinem Pitch (in der Regel EASLM: Electronisch Adressierbare 25 Spatiale Licht-Modulatoren) mit der nötigen Information beschrieben, auf ein holografisch geeignetes Medium abgebildet und zu einem größeren Videohologramm zusammengesetzt. Das verwendete Medium ist in der Regel ein Optisch Adressierbarer Spatialer Licht-Modulator (OASLM). In einem zweiten Schritt wird das zusammengesetzte Videohologramm mit kohärentem Licht in Transmission oder Reflexion rekonstruiert.

30 Bei den beispielsweise aus WO 01/95016 A1 oder Fukaya u.a. „Eye-position tracking type electro-holographic display using liquid crystal devices“, Proceedings of EOS Topical meeting on Diffractive Optics, 1997, bekannt gewordenen CGH mit matrixförmigen oder auf andere Weise regulär angeordneten steuerbaren Öffnungen wird die Beugung an kleinen

Öffnungen für die Kodierung der Szenen angewendet. Die von den Öffnungen ausgehenden Wellenfronten konvergieren in Objektpunkten der dreidimensionalen Szene, bevor sie den Betrachter erreichen. Je kleiner der Pitch und damit die Grösse der Öffnungen in den CGH ist, umso grösser ist der Beugungswinkel, also der Betrachterwinkel. Eine Vergrösserung des
5 Betrachterwinkels bedeutet bei diesen bekannten Verfahren daher eine Vergrösserung der Auflösung.

Bei Fourierhologrammen findet bekanntlich die Rekonstruktion in eine Ebene als direkte oder inverse Fouriertransformierte des Hologramms statt. Diese Rekonstruierte setzt sich
10 periodisch mit einem Periodizitätsintervall fort, dessen Ausdehnung umgekehrt proportional zum Pitch im Hologramm ist.

Wenn die Ausdehnung der Rekonstruierten des Fourierhologramms grösser als das
Periodizitätsintervall ist, überlappen sich benachbarte Beugungsordnungen. Mit
zunehmender Verringerung der Auflösung, also wachsendem Pitch der Öffnungen, werden
15 die Ränder der Rekonstruierten durch Überlappung aus den höheren Beugungsordnungen zunehmend gestört. Die nutzbare Rekonstruktion wird dadurch in ihrer Ausdehnung mehr und mehr eingeschränkt.

Will man grössere Periodizitätsintervalle und damit also grössere Betrachterwinkel erzielen,
nähert sich der erforderliche Pitch im Hologramm der Lichtwellenlänge. Um dann möglichst
20 große Szenen darstellen zu können, müssen aber auch die CGH entsprechend groß sein.

Beide Forderungen verlangen ein großes CGH mit sehr vielen Öffnungen, das in Form von
Displays mit steuerbaren Öffnungen gegenwärtig nicht realisierbar ist (s. EP 0 992 163 B 1).
CGH mit steuerbaren Öffnungen sind daher nur ein oder wenige Zoll gross, wobei die
Pitches noch erheblich über 1 μm liegen.

25 Beide Parameter, Pitch und Hologrammgrösse, werden durch das sogenannte Space-Bandwith-Produkt (SBP) als Anzahl der Öffnungen im Hologramm beschrieben. Soll die Rekonstruktion von einem CGH mit steuerbaren Öffnungen mit 50 cm Breite so erfolgen,
dass ein Betrachter die Szene im Abstand von 1 m innerhalb eines horizontalen
30 Betrachterfensters von 50 cm sehen kann, beträgt das SPB in horizontaler Richtung etwa
 $0,5 \cdot 10^6$. Dem entsprechen im CGH 500.000 steuerbare Öffnungen mit einem Abstand von 1 μm . Bei einem Aspekt-Verhältnis von 4:3 ergeben sich in vertikaler Richtung entsprechend
375.000 Öffnungen. Das CGH enthält somit $3,75 \cdot 10^{11}$ Öffnungen, wenn man drei Farbsubpixel berücksichtigt. Diese Zahl verdreifacht sich noch, wenn man bedenkt, dass im

CGH mit steuerbaren Öffnungen meist nur Amplituden beeinflusst werden können. Die Phasenkodierung erfolgt dann über den sogenannten Detourphasen-Effekt, wofür mindestens drei äquidistante Öffnungen je Abtastpunkt erforderlich sind. SLM mit so vielen steuerbaren Öffnungen sind derzeit nicht bekannt.

5

Die Hologrammwerte müssen aus den zu rekonstruierenden Szenen berechnet werden. Bei einer Farbtiefe von 1 Byte für jede der drei Grundfarben und einer Frame-Rate von 50 Hz benötigt ein CGH einen Informationsfluss von $50 \cdot 10^{12} = 0,5 \cdot 10^{14}$ Byte/s.

Fouriertransformationen von Datenströmen dieser Grösse übersteigen die Leistung derzeit

10

einsetzbarer Rechner bei weitem und schliessen eine Hologramm-Berechnung auf Basis lokaler Rechner aus. Aber auch eine Übertragung dieser Informationsmenge über Datennetze ist für den normalen Nutzer gegenwärtig nicht realisierbar.

Um die umfangreichen Rechenvorgänge zu verringern, wird beispielsweise auch

15

vorgeschlagen, das Hologramm nicht vollständig zu berechnen, sondern nur in den Teilen, die direkt vom Betrachter eingesehen werden können oder die sich ändern. In der oben schon genannten Patentschrift WO 01/95016 A1 wird ein solches Hologramm beschrieben, das aus adressierbaren Subregionen besteht, wie etwa das genannte Tiling-Hologramm.

Ausgangspunkt der Berechnungen ist eine sogenannte effektive Austrittspupille, die mit der

20

Augenpupille des Betrachters in der jeweiligen Position zusammenfallen kann. Die Nachführung des Bildes bei einer Veränderung der Betrachterposition erfolgt durch ständige Neuberechnung des Hologrammteiles, der das Bild für die neue Betrachterposition erzeugt. Dadurch wird aber die Senkung des Rechenaufwandes zum Teil wieder zunichte gemacht.

25

Die Nachteile der bekannten Verfahren bestehen zusammengefasst darin, dass die Anordnungen mit akusto-optischen Modulatoren zu volumös sind und nicht auf heutige aus der Flachbildschirmtechnik bekannte Abmessungen reduziert werden können, dass die Videohologramme nach dem Tiling-Verfahren zweistufige Verfahren mit grossem technologischen Aufwand sind, die sich schwerlich auf Desktop-Grösse reduzieren lassen und dass schließlich die Anordnungen auf der Basis von SLM mit steuerbaren Öffnungen zu klein sind, um grosse Szenen rekonstruieren zu können. Dazu fehlen momentan steuerbare grosse SLM mit extrem kleinen Pitches sowie die erforderlichen Rechenleistungen und die erforderliche hohe Bandbreite der Netzwerke.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die angeführten Nachteile zu umgehen und ausgedehnte Videodarstellungen von Hologrammen in Echtzeit und für grosse Betrachterwinkel zu ermöglichen.

5 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den im Patentanspruch 1 aufgeführten Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Patentansprüchen 2 bis 10 angegeben.

Die erfindungsgemäßen Videohologramme und Einrichtungen zur Rekonstruktion von
10 Videohologrammen mit steuerbaren Öffnungen sehen vor, dass in der Betrachterebe
mindestens ein Betrachterfenster in einem Periodizitätsintervall als direkte oder inverse
Fouriertransformierte des Videohologramms gebildet wird, durch das hindurch ein
Betrachter eine dreidimensionale Szene als Rekonstruktion sehen kann. Die Ausdehnung des
Betrachterfensters entspricht maximal dem Periodizitätsintervall in der Ebene der Fourier-
15 Rücktransformation am Ort des Lichtquellenbildes. Das Betrachterfenster spannt zusammen
mit dem Hologramm einen Kegelstumpf auf, der die gesamte dreidimensionale Szene als
Fresnel-Transformierte des Videohologramms enthält.

Das Betrachterfenster ist in Ausbildung der Erfindung in etwa auf ein Auge, einen
Augenabstand eines Betrachters oder auf einen anderen geeigneten Bereich begrenzt und
20 positioniert.

Im Rahmen der Erfindung ist vorgesehen, dass dem anderen Auge des Betrachters analog
ein Betrachterfenster zugeordnet wird. Das erfolgt dadurch, dass die betrachtete Lichtquelle
entsprechend versetzt oder durch Zuschalten einer zweiten reellen oder virtuellen,
hinreichend kohärenten Lichtquelle an einem anderen geeigneten Ort zu einem

25 Lichtquellenpaar im optischen System ergänzt wird. Auf diese Weise wird die beidäugige
Betrachtung der dreidimensionalen Szene durch zwei zugehörige Betrachterfenster
ermöglicht. Dabei kann der Inhalt des Videohologramms synchron mit dem Zuschalten des
zweiten Betrachterfensters entsprechend der Augenposition geändert, d.h. umkodiert werden.
Bei mehreren Betrachtern können so durch Zuschalten weiterer Lichtquellen entsprechend
30 viele Betrachterfenster erzeugt werden.

Für die Einrichtung zur Rekonstruktion eines Videohologramms besteht ein anderer
wesentlicher Erfindungsgedanke darin, das optische System und das Videohologramm so
anzuordnen, dass die höheren Beugungsordnungen des Videohologramms für das erste
Betrachterfenster eine Nullstelle bzw. ein Intensitätsminimum am Ort des zweiten

Betrachterfensters aufweisen. Damit wird ein Übersprechen eines Betrachterfensters für ein Auge auf das andere Auge eines Betrachters oder auf andere Betrachter verhindert. Der Intensitätsabfall des Lichts zu höheren Beugungsordnungen hin aufgrund der endlichen Breite der Öffnungen des Videohologramms oder/und der Minima des Intensitätsverlaufs

5 wird so vorteilhaft ausgenutzt. Bei zum Beispiel rechteckigen Öffnungen entsteht als Intensitätsverlauf eine sinc^2 -Funktion, die schnell abfällt und eine mit grösser werdenden Abständen abnehmende sinc^2 -Funktion darstellt.

Für das Videohologramm sind nur so viele Werte zu berechnen, wie das Display Öffnungen hat. Auf die gleiche Anzahl von Werten ist die Übertragung der Daten vom Computer oder

10 vom Netz auf das Display als Hologramm beschränkt. Der Datenstrom unterscheidet sich daher praktisch nicht von dem heute schon durch die übliche Displaytechnik zu verarbeitenden Datenstrom. Das soll anhand eines Beispiels verdeutlicht werden.

Reduziert man das Betrachterfenster durch Wahl eines hinreichend grob auflösenden Displays beispielsweise von horizontal 50 cm und vertikal 37,5 cm auf 1 cm x 1 cm, so

15 entspricht das einer Reduzierung der Anzahl der Öffnungen im Hologramm auf 1/1875. In gleicher Weise wird bei einem Transfer über ein Netzwerk die erforderliche Bandbreite reduziert. Bei den nach bekannten Verfahren hergestellten Videohologrammen mit erforderlichen 10^{12} Öffnungen reduzieren sich diese im Beispiel auf etwa $5 \cdot 10^8$ Pixel. Durch das verbleibende Betrachterfenster kann die Szene vollständig betrachtet werden. Diese

20 Anforderungen an Pitch und Hologrammgrösse entsprechend dem Space-Bandwith-Produkt können heute verfügbare Displays bereits erfüllen. Damit können auf kostengünstige Weise grosse Echtzeit-Videohologramme auf Displays mit großem Pitch für einen großen Betrachterbereich realisiert werden.

Die Nachführung des Betrachterfensters (Tracking) wird durch mechanischen oder

25 elektronischen Versatz der Lichtquellen, durch bewegliche Spiegel oder von auf andere geeignete Weise positionierbare Lichtquellen realisiert. Mit dem Verschieben der Lichtquellenbilder verschieben sich auch die Betrachterfenster. Bewegt sich der Betrachter, wird/werden die Lichtquelle/n so im Raum verschoben, dass die Betrachterfenster den Augen des Betrachters folgen. Dadurch wird gesichert, dass die Betrachter auch bei

30 Bewegung die rekonstruierte dreidimensionale Szene sehen und andererseits ihre Bewegungsfreiheit nicht eingeschränkt ist. Für die Positionsdetektion der Betrachter sind verschiedene Systeme bekannt, die hier vorteilhaft einsetzbar sind, beispielsweise auf Magnetsensoren basierende.

Mit den erfindungsgemäßen Mitteln ist auch die farbige Rekonstruktion eines Videohologramms effektiv möglich. Dabei ist vorgesehen, dass die Rekonstruktion mit mindestens drei für die Grundfarben in Amplitude und/oder Phase steuerbaren Öffnungen je Zelle erfolgt, wobei die Kodierung für die Öffnungen für jede Grundfarbe separat

5 vorgenommen wird. Eine andere Möglichkeit der farbigen Rekonstruktion eines Videohologramms besteht darin, wenigstens drei nacheinander ausgeführte Rekonstruktionen in den Grundfarben auf der Grundlage der erfindungsgemäßen Einrichtung durchzuführen.

10 Mit der vorliegenden Erfindung können vorteilhafterweise holografische Darstellungen von ausgedehnten räumlichen Szenen mittels steuerbarer Displays, wie TFT-Flachdisplays, in Echtzeit und für grosse Betrachterwinkel erzeugt werden. Diese Videohologramme sind vorteilhafterweise im Fernseh-, Multimedia-, Spiele- und Konstruktionsbereich, in der Militär- und in der Medizintechnik und in anderen Bereichen von Wirtschaft und
15 Gesellschaft anwendbar. Die dreidimensionalen Szenen können computergeneriert oder auf andere Weise erzeugt werden.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben.

20

Es zeigen

Fig. 1 eine prinzipielle Darstellung eines Videohologramms und einer Einrichtung zur Rekonstruktion von Videohologrammen mit der Entstehung der

25 Beugungsordnungen und der Lage eines Betrachterfensters,

Fig. 2 eine prinzipielle Darstellung einer Einrichtung zur Rekonstruktion von Videohologrammen mit einer dreidimensionalen Szene, die durch ein Betrachterfenster hindurch betrachtet werden kann,

30 Fig. 3 eine prinzipielle Darstellung einer Einrichtung zur Rekonstruktion von Videohologrammen mit der Kodierung der dreidimensionalen Szene in einem Teil des Videohologramms, so dass die Beugungsordnungen nicht überlappen,

Fig. 4 einen Intensitätsverlauf des Lichtes in der Betrachterebebene in Abhängigkeit von den Beugungsordnungen und

Fig. 5 eine prinzipielle Darstellung einer Einrichtung zur Rekonstruktion von Videohologrammen mit der Lage der Betrachterfenster für beide Augen eines Betrachters hinsichtlich der Beugungsordnungen zur Vermeidung von Übersprechen.

5

Eine Einrichtung zur Rekonstruktion von Videohologrammen besteht aus dem Videohologramm, einer hinreichend kohärenten reellen oder virtuellen punkt- oder linienförmigen Lichtquelle und aus einem optischen System. Das Videohologramm selbst setzt sich aus matrixförmig oder in anderer Weise regulär angeordneten Zellen zusammen, 10 die mindestens eine in Amplitude und/oder Phase steuerbare Öffnung je Zelle enthalten. Das optische System zur Rekonstruktion des Videohologramms lässt sich in bekannter Weise z.B. einfach durch ein optisches Abbildungssystem, bestehend aus einem punkt- oder linienförmigen Laser und einer hinreichend kohärenten Lichtquelle realisieren.

15 Die grundsätzliche Anordnung von Videohologramm und Rekonstruktion zeigt Fig. 1. In Lichtrichtung sind hintereinander eine Lichtquelle 1, eine Linse 2, ein Hologramm 3 und eine Betrachterebe 4 angeordnet. Der Betrachterebe 4 entspricht die Fourierebene der Rücktransformation des Videohologramms mit den Beugungsordnungen.

20 Die Lichtquelle 1 wird durch ein optisches System, repräsentiert durch die Linse 2, in die Betrachterebe 4 abgebildet. Setzt man ein Hologramm 3 ein, so wird es in der Betrachterebe 4 als Fourier-Rücktransformation dargestellt. Das Hologramm 3 mit periodischen Öffnungen erzeugt äquidistant fortgesetzte Beugungsordnungen in der Betrachterebe 4, wobei die holografische Kodierung, beispielsweise mittels des 25 sogenannten Detourphasen-Effektes, in die höheren Beugungsordnungen erfolgt. Da die Intensität nach höheren Beugungsordnungen hin abnimmt, wird in der Regel die 1. oder die -1. Beugungsordnung als Betrachterfenster 5 gewählt. Wenn nicht ausdrücklich anders angegeben, wird zur Darlegung der Erfindung im weiteren von der 1. Beugungsordnung ausgegangen.

30

Die Ausdehnung der Rekonstruktion wurde hier so gewählt, dass sie in ihrer Größe mit dem Periodizitätsintervall der 1. Beugungsordnung in der Betrachterebe 4 übereinstimmt. Somit schliessen sich höhere Beugungsordnungen ohne Lücke, aber auch ohne Überlappung aneinander an.

Die ausgewählte 1. Beugungsordnung bildet zwar als Fouriertransformierte die Rekonstruierte des Hologramms 3, stellt aber nicht die eigentliche dreidimensionale Szene 6 dar. Sie dient nur als Betrachterfenster 5, durch das hindurch die dreidimensionale Szene 6 betrachtet werden kann (s. Fig. 2). Im Inneren des Lichtbündels der 1. Beugungsordnung ist die eigentliche dreidimensionale Szene 6 in Form eines Kreises angedeutet. Die Szene liegt also innerhalb des Rekonstruktionskegels, der vom Hologramm 3 und dem Betrachterfenster 5 aufgespannt wird. Die Szene entsteht als Fresnel-Transformierte des Hologramms, während das Betrachterfenster ein Teil der Fourier-Transformierten ist.

10

Die Fig. 3 zeigt dazu die holografische Kodierung. Die dreidimensionale Szene ist aus Punkten aufgebaut. Mit dem Betrachterfenster 5 als Basis und dem ausgewählten Punkt 7 in der Szene 6 als Spitze wird ein Kegel durch diesen Punkt hindurch verlängert auf das Hologramm 3 projiziert. Es entsteht ein Projektionsgebiet 8 im Videohologramm 3, in dem

15

dieser Punkt holografisch kodiert wird. Zur Berechnung der Phasenwerte kann man die Weglängen vom betrachteten Punkt 7 zu den Zellen des Hologramms 3 bestimmen. Mit dieser Rekonstruktion wird die Grösse des Betrachterfensters 5 im Periodizitätsintervall eingehalten. Würde im Beispiel dagegen der betrachtete Punkt 7 im gesamten Hologramm 3 kodiert, wäre die Rekonstruierte über das Periodizitätsintervall hinaus ausgedehnt. Die

20

Betrachterzonen aus benachbarten Beugungsordnungen würden sich überlappen, wobei der Betrachter eine periodische Fortsetzung des betrachteten Punktes 7 sehen würde. Eine so kodierte Oberfläche würde durch Mehrfachüberlagerungen in ihren Konturen verwaschen erscheinen.

25

Vorteilhafterweise wird der Intensitätsabfall zu höheren Beugungsordnungen hin zur Unterdrückung des Übersprechens auf andere Betrachterfenster genutzt. Die Fig. 4 zeigt dazu schematisch einen Intensitätsverlauf des Lichts über die Beugungsordnungen, der durch die Breite der Öffnungen im CGH entsteht. Auf der Abszisse sind die Beugungsordnungen aufgetragen. Die 1. Beugungsordnung stellt das Betrachterfenster 5 für das linke Auge, also das linke Betrachterfenster, dar, durch das die dreidimensionale Szene 6 betrachtet werden kann. Das Übersprechen in ein Betrachterfenster für das rechte Auge wird durch den Abfall der Intensität zu höheren Ordnungen und zusätzlich noch durch die Nullstelle der Intensitätsverteilung unterdrückt.

Der Betrachter kann die Szene 6 des Hologramms 3 natürlich auch mit beiden Augen betrachten (s. Fig. 5). Für das rechte Auge wurde als rechtes Betrachterfenster 5' die -1. Beugungsordnung zur Lichtquelle 1' gewählt. Wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, spricht diese Intensität nur mit einem sehr geringen Wert auf das linke Auge über. Er entspricht hier 5 der -6. Beugungsordnung.

Für das linke Auge wurde die 1. Beugungsordnung entsprechend der Lage der Lichtquelle 1 gewählt. Dort entsteht analog das linke Betrachtungsfenster 5. Erfindungsgemäß werden mit den zwei Lichtquellen 1 und 1' die entsprechenden dreidimensionalen Szenen 6 und 6' (hier nicht gezeigt) ortsfest bezüglich der Augen dargestellt. Dazu wird das Hologramm 3 beim 10 Zuschalten der Lichtquellen 1 und 1' jeweils neu kodiert. Alternativ können die beiden Lichtquellen 1 und 1' gleichzeitig das Hologramm 3 an den beiden Betrachterfenstern 5 und 5' rekonstruieren.

Bewegt sich der Betrachter, werden die Lichtquellen 1 und 1' so nachgeführt, dass die 15 beiden Betrachterfenster 5 und 5' auf den Augen des Betrachters lokalisiert bleiben. Dies gilt auch bei Bewegungen in der Normalen, also senkrecht zum Videohologramm. Weiterhin können auch mehrere Betrachter eine dreidimensionale Szene betrachten, indem durch Zuschalten weiterer Lichtquellen zusätzliche Betrachterfenster entstehen.

20

25

30

35

40

Patentansprüche

1. Videohologramm und Einrichtung zur Rekonstruktion von Videohologrammen mit einem optischen System, bestehend aus mindestens einer reellen oder virtuellen punkt- und/oder

5 linienförmigen, hinreichend kohärenten Lichtquelle und einer Linse, sowie dem Videohologramm aus matrixförmig oder in anderer Weise regulär angeordneten Zellen mit mindestens einer in Amplitude und/oder Phase steuerbaren Öffnung je Zelle und einer Betrachterebe am Ort des Lichtquellenbildes, dadurch gekennzeichnet, dass in der Betrachterebe ein Betrachterfenster (5) in einem Periodizitätsintervall der Rekonstruktion 10 als Fouriertransformierte des Videohologramms (3) lokalisiert ist, durch welches hindurch eine dreidimensionale Szene (6) betrachtbar ist, und dass die Ausdehnung des Betrachterfensters (5) nicht größer als das Periodizitätsintervall ist.

2. Videohologramm und Einrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

15 das Betrachterfenster (5) in etwa auf ein Auge, einen Augenabstand eines Betrachters oder auf einen anderen geeigneten Bereich begrenzt und positioniert ist.

3. Videohologramm und Einrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

dem anderen Auge des Betrachters ein zweites Betrachterfenster (5') durch Zuschalten einer 20 zweiten reellen oder virtuellen, hinreichend kohärenten Lichtquelle (1') an einem anderen geeigneten Ort zu einem Lichtquellenpaar im optischen System zugeordnet ist.

4. Videohologramm und Einrichtung nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass

das optische System und das Videohologramm (3) so angeordnet sind, dass die höheren

25 Beugungsordnungen des Videohologramms (3) für das erste Betrachterfenster (5) eine Nullstelle bzw. ein Intensitätsminimum am Ort des zweiten Betrachterfensters (5') aufweisen.

5. Videohologramm und Einrichtung nach Patentanspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass

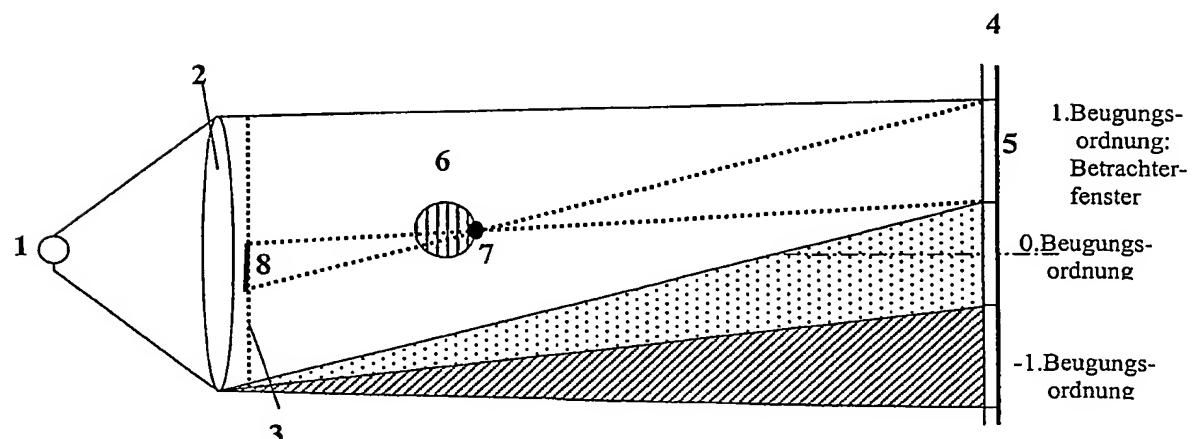
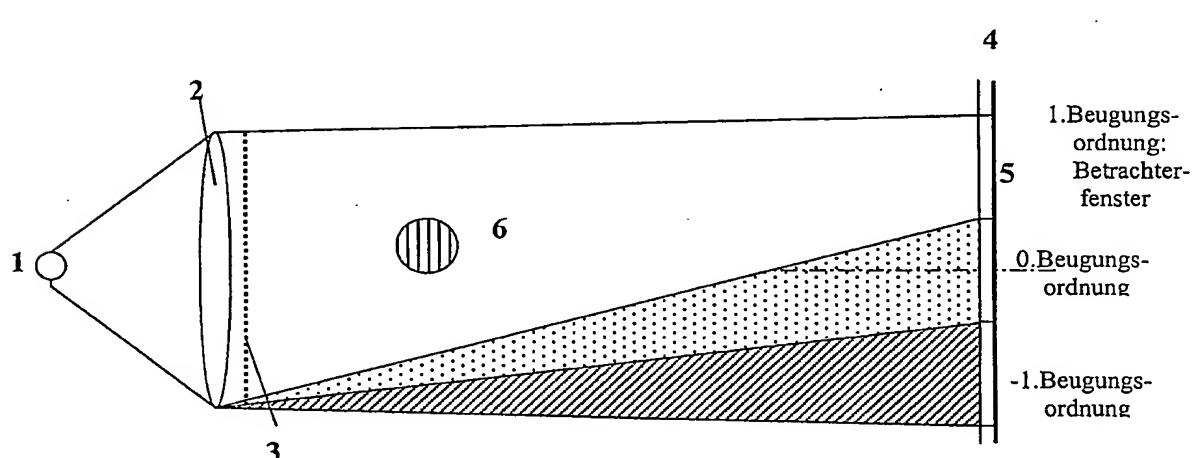
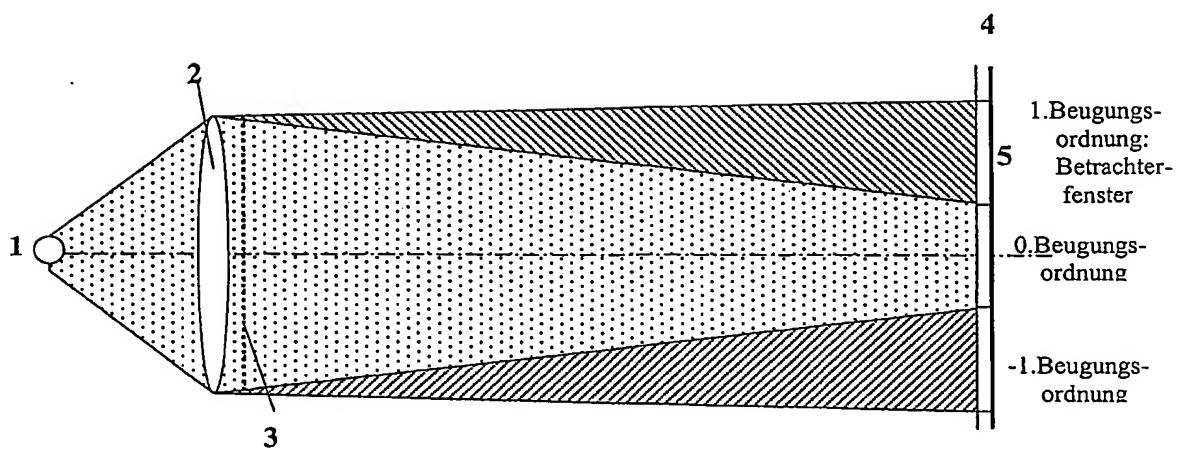
30 synchron mit dem Zuschalten des zweiten Betrachterfensters (5') das Videohologramm (3) für das zweite Auge umkodierbar ist.

6. Videohologramm und Einrichtung nach den Patentansprüchen 3 bis 5, dadurch

gekennzeichnet, dass für mehrere Betrachter mehrere Lichtquellen zuschaltbar sind.

7. Videohologramm und Einrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquellen durch mechanischen oder elektronischen Versatz, durch bewegliche Spiegel, oder auf andere geeignete Weise positionierbar sind.
- 5 8. Videohologramm und Einrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Information zur Bestimmung der Position der Lichtquellen von wenigstens einem Positionsgeber in Abhängigkeit von der Position des oder der Betrachter geliefert wird.
- 10 9. Videohologramm und Einrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die farbige Rekonstruktion eines Videohologramms (3) aus matrixförmig oder regulär angeordneten Zellen mit mindestens drei für die Grundfarben in Amplitude und/oder Phase steuerbaren Öffnungen je Zelle erfolgt, wobei die Kodierung für die Öffnungen für jede Grundfarbe separat erfolgt.
- 15 10. Videohologramm und Einrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die farbige Rekonstruktion durch wenigstens drei nacheinander ausgeführte Rekonstruktionen in den Grundfarben erfolgt.

1/2



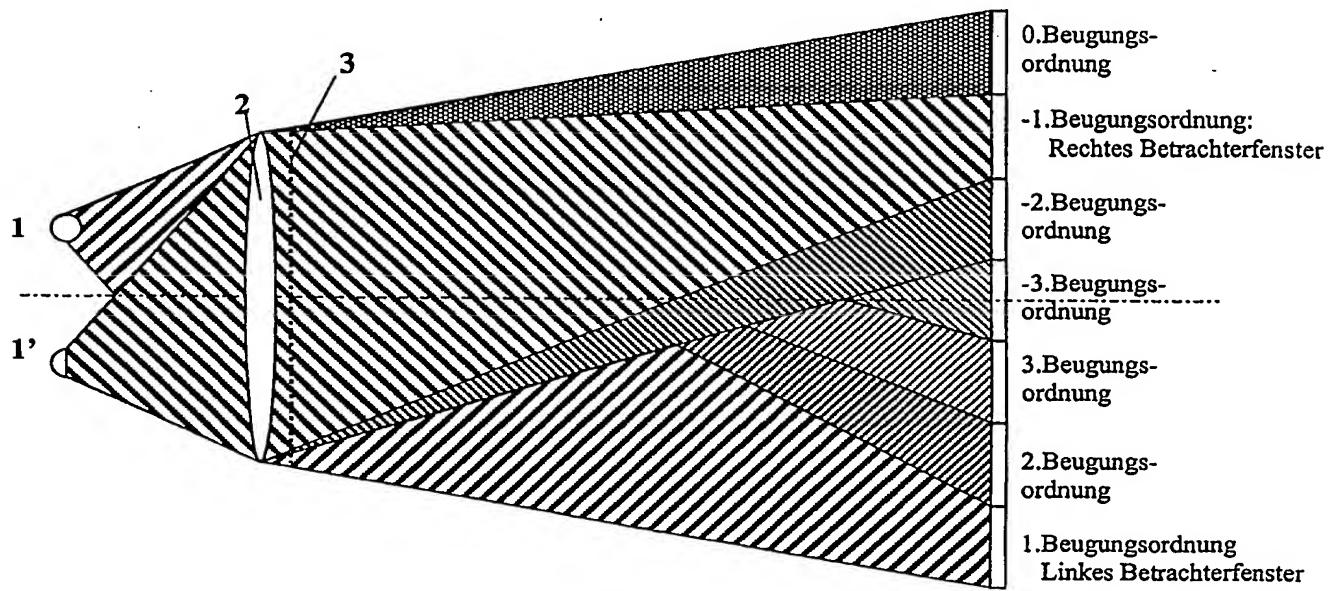
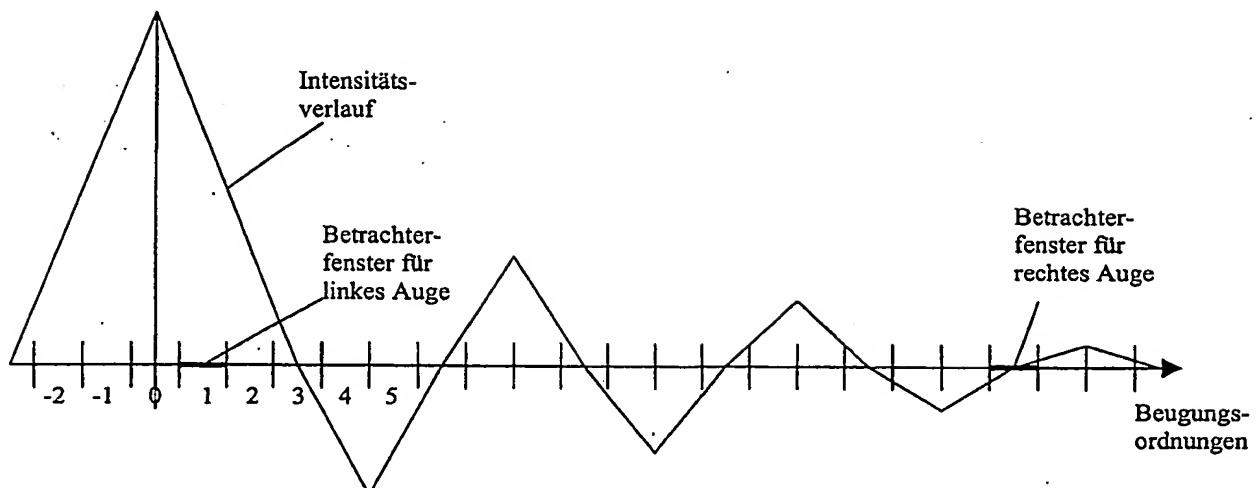


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 03/03791

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G03H1/22 H04N13/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G03H H04N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

INSPEC, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>MISHINA T ET AL: "Combination enlargement method of viewing zone for computer-generated holography" PRACTICAL HOLOGRAPHY XIV AND HOLOGRAPHIC MATERIALS VI, SAN JOSE, CA, USA, 24-25 JAN. 2000, vol. 3956, pages 184-192, XP002278763 -- Proceedings of the SPIE -- The International Society for Optical Engineering, -2000, SPIE-Int. Soc. Opt. Eng, USA ISSN: 0277-786X the whole document</p> <p style="text-align: center;">-/-</p>	1,2

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the International filing date
- *L* document which may throw doubts on priority, claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

3 May 2004

Date of mailing of the international search report

18/05/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Noirard, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 03/03791

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	MISHINA T ET AL: "VIEWING-ZONE ENLARGEMENT METHOD FOR SAMPLED HOLOGRAM THAT USES HIGH-ORDER DIFFRACTION" APPLIED OPTICS, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, US; vol. 41, no. 8, 10 March 2002 (2002-03-10), pages 1489-1499, XP001102391 ISSN: 0003-6935 paragraph '03.C!; figures 7,8 ---	1,2
X	MEANO K ET AL: "ELECTRO-HOLOGRAPHIC DISPLAY USING 15MEGA PIXELS LCD" PROCEEDINGS OF THE SPIE, SPIE, BELLINGHAM, VA, US, vol. 2652, 1996, pages 15-23, XP000923279 ISSN: 0277-786X paragraph '02.2!; figure 1 ---	1
Y	WO 99/00993 A (SECR DEFENCE ;TRAVIS ADRIAN ROBERT LEIGH (GB)) 7 January 1999 (1999-01-07) cited in the application page 8, line 1 -page 11, line 10; figures 14-16 ---	7,9,10
A	GB 2 363 273 A (SECR DEFENCE ;HOLOGRAPHIC IMAGING LLC A LTD (US)) 12 December 2001 (2001-12-12) cited in the application abstract; figure 1 ---	8
Y	US 5 798 864 A (SEKIGUCHI NOBUTOSHI) 25 August 1998 (1998-08-25) column 12, line 10 -column 14, line 10; figures 9,10 -----	9,10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 03/03791

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
WO 9900993	A	07-01-1999	CN	1269103 T		04-10-2000
			DE	69805073 D1		29-05-2002
			DE	69805073 T2		31-10-2002
			EP	0992163 A1		12-04-2000
			WO	9900993 A1		07-01-1999
			JP	2002506590 T		26-02-2002
GB 2363273	A	12-12-2001	AU	6248601 A		17-12-2001
			CA	2411837 A1		13-12-2001
			EP	1287400 A1		05-03-2003
			WO	0195016 A1		13-12-2001
			JP	2003536297 T		02-12-2003
			US	2004021768 A1		05-02-2004
US 5798864	A	25-08-1998	JP	7261125 A		13-10-1995